

Helsinki 14.6.2000

09/980515

PCT/FI 00 / 00400 #2

F100/00400

REC'D 14 AUG 2000

WIPO

PCT

ETUOIKEUSTODISTUS  
PRIORITY DOCUMENT



Hakija  
Applicant

Niemi, Antti Johannes  
Kauniainen

Patenttihakemus nro  
Patent application no

991023

Tekemispäivä  
Filing date

05.05.1999

Kansainvälinen luokka  
International class

G01N

Keksinnön nimitys  
Title of invention

"Menetelmä ja laitteisto vaahdottuneen aineen pinnan valvomiseksi  
ja analysoimiseksi"

4  
**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

*Kristina Laakkonen*  
TARKASTAJA

Maksu 300,- mk  
Fee 300,- FIM

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328  
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328  
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

## MENETELMÄ JA LAITTEISTO VAAHDOTTUNEEN AINEEN PINNAN VALVOMISEKSI JA ANALYSOIMISEKSI

KEKSINNÖN YLEINEN TAUSTA. - Halutut arvomineraalit erotetaan vuoriteollisuudessa malmeista usein vaahdottamalla. Tätä toteutetaan läpivirtaustyyppisissä vaahdotuskennoissa, joissa voimakkaasti hämmennettyyn malmijauheen ja veden lietteeseen johdetaan ilmaa. Kemiallisen esikäsittelyn ansiosta arvomineraalin rakeet pyrkivät kiinnittymään selektiivisesti ilmakuplien pinnoille, noustakseen näiden mukana lietteestä tämän pinnalla olevaan vaahtokerrokseen. Samalla tähän kerrokseen nousee muitakin mineraalirakeita ja sekarakeita, joiden vaahdottumiskyky on heikompi, ja myös palautumista vaahdosta lietteeseen esiintyy. Vaahto valuu jatkuvasti kennon lietealueen yli ränniin tuottaen kennon rikasteen.

Teollisen vaahdotuspiirin lopullinen rikaste muodostuu yksittäisten vaahdotuskennojen rikasteista, jotka on tavallisesti puhdistettu vaahdottamalla ne uudelleen, usein useassakin vaiheessa. Kennon rikasteen arvomineraalipitoisuus on, yhdessä arvomineraalin saannin kanssa, tärkein tekijä, josta sen rikasteen taloudellinen arvo riippuu. Tästä syystä lopullisen rikasteen ja pitkin väliajoin myös yksittäisten kennojen rikasteiden laatua valvotaan ottamalla näytteitä ja analysoimalla ne laboratorioissa. Vaahdottamon lietteitä välittömästi mittaavista instrumenteista on tärkein röntgenfluoresenssianalysaattori, joka useimmiten analysoi lietteistä erotettujen näytevirtojen sisältämän kiintoaineen metallipitoisuuksia. Kalleutensa vuoksi tämä laite ei kuitenkaan sovellu yksittäisen kennon rikasteen analysointiin, vaan se analysoi kennoyhdistelmien tai kokonaisten vaahdotuspiirien yhteisnäytteitä. Tarve yksittäisten vaahdotuskennojen toimintaa tai niiden prosessointia materiaalia tuotantolinjassa analysoivan instrumentin kehittämiseen on siten suuri. Tästä syystä on viime aikoina kiinnitetty huomiota myös vaahdotusvaahtoon kohdistuviin mittauksiin.

Vaahdon ulkonäkö kuvastaa herkästi vaahtokerroksen ja koko kennonkin toiminnallista tilaa, sillä kaikki sen sisältämä ja sen kautta kulkeva materiaali saapuu siihen kennon liete-tilan kautta. Sen pinta on nähtävissä ja perinteisesti prosessivalvoja tarkkailee sitä paljain silmin havainnoiden kvalitatiivisesti sen yleiskuvaa ja erityisiä piirteitä, perustaakseen sitten manuaaliset ohjaustoimenpiteensä havaintoihinsa ja päätelmiinsä. Täten hän voi tyypillisesti kuvata vaahtoa esim. suurikuplaiseksi, puuromaiseksi, vetiseksi, kuivaksi, jäykäksi tms., sen värin luonnehtimisen lisäksi.

Vaahdon kvantitatiivinen, instrumentaalinen evaluointi on tullut mahdolliseksi, kun videokameran ja siihen kytketyn, sähköistä kuvasignaalia analysoidun tietokoneen yhdistelmä on tullut käytettäväksi. Eri tutkimusryhmät ovat sittemmin kehittäneet työnsä

vaahdotusvaahdosta otettujen kuvien käsittelyyn, joko määrittääkseen vaahtojen rakentelta yksivärikuvista (esim. Moolman D.W. & al. in Int. J. Miner. Process. 43(1995), 193-208) tai niiden värejä moni-, so. tavallisesti kolmivärikuvista (esim. Oestreich J.M. & al. in Minerals Engineering 8(1995), 31-39) ja näihin tarkoituksiin käytettyjä laitteistoja ohjelmistoinen on sittemmin pyritty myös kaupallistamaan. Tyypillistä mainituille tutkimuksille ja laitteistoille on havaita suorakaiteen muotoista, suurehkoa osaa teollisuuskennon vaahtopinnasta, jonka vaakasuora pinta-ala on tyypillisesti huomattavasti suurempi kuin yksi neliometri, ja käsitellä mainitunlaista näytepintaa kennon vaahtopintaa edustavana näytteenä.

Yksittäinen kupla voidaan, kameran ja valonlähteen sijaitessa kennon yläpuolella, erottaa esim. sen laen alueelta voimakkaasti takaisinheijastuvan valon nojalla. Tätä pientä, kirkasta aluetta ympäröi tällöin tummempi vyöhyke. Valaisusta riippuen tummimmat kohdat voivat sijaita kahden kuplan rajalla, mutta kuplia erottavan laakson pohja näkyy usein myös kirkkaana, heijastamansa valon vuoksi, tai tummuusasteen askelmalsena muutoksena. Rajaviivoihin voidaan edelleen perustaa vaahdon rakenneparametrien, kuten keskimääräisen kuplakoon sekä kuplien muodon, tiheyden ja kokojakautuman määrittäminen. Vaahdon liikenopeus puolestaan määritetään peräkkäisiä kuvia toisiinsa vertaamalla. Tavanomaista on myös määrittää kuvatus alueen kirkkausjakautuma ja esittää se histogrammin muodossa. Rakenteen piirteitä voidaan määrittää myös muin statistisin menetelmin, eri tummuusasteen omaavien kuva-alkioiden esiintymistiheyden nojalla. - Vaahdon edellä mainitut, deterministisesti ja statistisesti määritetyt piirteet ovat esimerkkejä kirjallisuudessa esitetyistä, kuva-analyttisesti määritetyistä suureista, joita yleensä karakterisoi huomattavan suuri hajonta.

Värivideo- tai väritelevisiokameralla saadaan samanlaisesta kuvakentästä punainen, vihreä ja sininen (RGB-)signaali, joka signaalijoukko tai sitä vastaava, standardimuotoinen komposiittisignaali voidaan käsitellä sellaisenaan tai muuntaa ennen käsittelyä muuhun koodiasuun. Vaahdon värin ja spektrin määrittäminen kärsii suurista eroista vaahdosta peilimäisesti ja diffuusisti kameraan heijastuvan valon intensiteetissä, minkä vuoksi esim. liian korkeat signaali-elementit joudutaan poistamaan ennen käsittelyä. Havaittu väri riippuu vaahdon mineraalikoostumuksesta, mutta käytännössä tämän riippuvuuden määrittäminen tuottaa vaikeuksia, mikä edellä mainittujen intensiteettierojen lisäksi johtuu värillisten metallimineraalien plenekhoista värieroista ja muista läsnäolevista, yleensä musta/harmaa/valkoisista mineraaleista ja niiden pitolsuuksien vaihtelusta. Sekä vaahdon rakenteen että värin määrittämiseen vaikuttaa mainittujen kamerainstrumenttien näkökentissä havaittavien suureiden epähomogeenisuus, jota ei alkaisemmin raportoiduissa tutkimuksissa ole otettu huomioon tai joka ei ainakaan ole vaikuttanut niiden menetelmä- eikä laitetekniikkoihin, ja johon jäljempänä palataan.

Mainittuihin, kirjallisuudessa kuvattuihin määrittelyihin on käytetty ennestään tunnettuja laskenta-algoritmeja tai matemaattisia menetelmiä, jotka on ohjelmoitu numeerisen laskennan edellyttämään muotoon kuvatus käyttötarkoituksen mukaisesti tai ovat saatavissa kirjasto-ohjelmina (ks. esim. Niemi A.J. & al. in Int. J. Miner. Process. 51(1997), 51-65 ja sen useat viitejulkaisut). Määrittystuloksia voidaan hyödyntää vaahdotuksen ohjauksessa, mutta kun niiden riippuvuus vaahdotuksen sisäänmenosuureista ei yleensä ole tarkasti eikä yksikäsitteisesti tunnettu, ovat ohjausta ja säätöä koskevat maininnat jääneet kirjallisuudessa luonnoksen asteelle.

**KEKSINNÖN ERITYINEN TAUSTA.** - Ideaalisesti toimivassa vaahdotuskennossa saapuva ilma jakautuu vaakatasossa akselisymmetrisesti ja kuplat jakautuvat homogeenisesti vielä saavuttaessaan vaahtokerroksen alarajapinnan. Vaahto poistuu tyypillisesti suorakulmisen suuntaissärmiön muotoisesta kennosta sen yhden reunan yli tai joskus sen kahden vastakkaisen, samansuuntaisen reunan yli. Näin ollen kennon takaosassa (vastaavasti joskus sen keskiosassa) vaahtokerrokseen nousevien kuplien mukanaan tuoma neste ja kiintoaine viipyvät pisimpään matkallaan ylitereunalle ja pois kennosta. Mainittujen komponenttien ja niistä erityisesti muiden kuin vaahdotuvan päämineraalin määrä tosin vähenee matkalla kuplien särkyessä ja yhtyessä toisiinsa, ja niiden rakeiden joko kiinnittyessä viereisiin tai alempiin kupliin näihin heikommin kiinnittyneitä rakeita syrjäyttäen, tai valuessa kuplien välitse aina lietetilaan asti. Se osa takaosassa nousseesta materiaalista, joka pysyy vaahdon pintakerroksessa, liikkuu aluksi hitaasti ja sittemmin nopeutuen kohti ylitereunaa. Nopeutuminen johtuu vaahtokerrokseen kalkkiolla nousevasta, uudesta materiaalista, joka kiintoaineen selektiivisestä palautumisesta huolimatta antaa vaahdon vapaata reunaa kohti suuntautuvan, jatkuvan impulssin. Täten pintaan tulee jatkuvasti lähempänä ylitereunaa vaahtoon noussutta materiaalia, jonka viipyminen vaahdossa jää lyhytaikaisemmaksi ja puhdistuminen sivukomponenteista vähäisemmäksi. - Vaahtokerrokselle on johdettu teoreettisia malleja (esim. Moys, M.H. in Frothing In Flotation (Editor J.S. Laskowski), Gordon and Breach, UK 1989, 203-228), mutta näistä ei voida tehdä vaahtopinnan mineraalikonsentraatioita koskevia, käytännöllisiä johtopäätöksiä.

Kuvatus prosessin seurauksena vaahtopinnan mineraalikoostumus muuttuu siirryttäessä kohti ylitereunaa. Tämä muuttuminen ja liikenopeuden jatkuva kasvu samassa suunnassa merkitsevät epähomogeenisuustaipumusta myös vaahdon rakenteessa. Teollisen vaahdotusvaahdon epähomogeenisuus onkin todettu alan kirjallisuudessa (Laplanche A.R. & al. in Min. Proc. Extr. Met. Rev. 5(1989), 147-168). Sittemmin Niemi A.J. & al. (Int. J. Miner. Process. 51(1997), 51-65) ovat tutkiessaan apatiittivaahdotuskennoja todenneet kennon takaosan vaahdon suhteellisen vaalean värin vastaavan suurempaa apatiittipitoisuutta kuin

lähempänä ylitereunaa esiintyvän vaahdon, jonka värilin sivuklivenä esiintyvä, punaruskea kyllä selvästi vaikuttaa. Vm. kokeellisessa tutkimuksessa on käytetty suurehkon, suorakaiteen muotoisen alan kuvaavaa videokameraa, jonka välittämien kuvien osa-alueiden analysointi on tuottanut mainitun tuloksen.

Voidaan edelleen päätellä, että jonkin, suhteellisen mittavan pinta-alueen sisältämän informaation analysointi yhtenäisenä, ottamatta huomioon sen sisällä esiintyviä väri- ja rakenne-eroja, antaa vain keskimääräisiä tuloksia, joita on kennon tuottaman rikasteen kannalta pidettävä karkeina likimääräistyksinä, ottaen huomioon erityisesti sen, että se osa kuva-alueesta, joka on lähinnä ylitereunaa, on muodostuvan rikasteen kannalta paljon merkittävämpi kuin kuvatun alueen muut osat tai keskiarvot. Havaintaan vaikuttaa myös kohteen valaisun epähomogeenisuus, joka on sitä suurempi mitä suurempi on mitattavan vaahtopinnan ala ja joka vääristää vastaavasti ilmaisimelle muodostuvaa kuvaa.

**UUSI MENETELMÄ JA LAITTEISTO.** - Prosessin luonteen ja mainittujen tutkimusten nojalla on selvää, että vaahdotusvaahdon pintakerroksen nestefaasin ja eri kiintoalnfefaasien ikäjakautumat ja liikenopeudet sekä edelleen kiintoaineen mineraalikoostumukset muuttuvat siirryttäessä vaahdon pinnassa kennon takaosasta (keskiosasta) lieter reunaa kohti, ja että nämä muutokset vaikuttavat myös pintakerroksen rakenteeseen ja visuaalisesti havaittavien ominaisuuksiin. Materiaalialkion ikä tarkoittaa tässä aikaa, joka on kulunut sen siirtymisestä vaahtokerrokseen liitetilasta.

Toisaalta ei ole fysikaalisia syitä olettaa, että muutoksia esiintyisi mainitulle liikesuunnalle kohtisuorassa suunnassa, so. siirryttäessä kennon laidalta toiselle samansuuntaisesti ylitereunan kanssa, lukuunottamatta sitä vaikutusta, joka kennon sivuseinillä voi olla välittömässä läheisyydessään vaahdon liikkumiseen ja rakenteeseen. Uuden menetelmän keskeinen piirre on tämän mukaisesti edustavan kuvainformaation hankkiminen vaahtokerroksesta siten, että vaahdon pinnan havainnointi ja havaintotuloksen analysointi kohdistetaan pinnan kapeaan, ylitereunan suuntaiseen kaistaan. Tällaisen kaistan, jonka sisällä vaahto on olennaisesti tasalaatuista, pituus voi olla sama kuin kennon leveys tai tätä pienempi, em. sivuseinävaikutuksen esiintyessä tai muusta, esim. mittauslaiteteknisestä syystä.

Silloinkin kun vaahdotusprosessi toimii stationääritilassa, hetkellinen mittaustulos ja sen nojalla määritetty ominaisuus poikkeavat stationääriarvosta prosessikohinan vuoksi. Esim. jo yksikin, suuri kupla voi olla läpimitaltaan uselta prosentteja mittauskaistan pituudesta, joten vaahdon rakennetta, kirkkautta, väriä ja muita ominaisuuksia on määritettävä keskiarvo- ja jakautumasuureina yli kaistan, tavallisesti usean, peräkkäisen havainnon ja lukuvan

määrityksen avulla. Tällä tavoin saadut suureet kuvaavat vaahdon ominaisuuksia kussakin valitussa kohdassa paremmin kuin laajemmasta, homogeeniseksi oletetusta mutta todellisuudessa epähomogeenisesta pinnasta määritetyt suureet.

Havaittavan kaistan sijainti riippuu havainnan ja analysoinnin ensisijaisesta tarkoituksesta. Vaahdon rakenteen kannalta se sijoittuu parhaiten ylitereunan edelle, paikkaan, missä ylijouksusta johtuvat nopeuserot eivät vielä deforma kuplia. Läheltä ylitereunaa ja tämän jälkipuolelta saatava data taas kuvaa paremmin kennon lopullista rikastetta erityisesti värin ja siten myös mineraalipitoisuuden puolesta. Toisaalta ylitereunan edelle suunnattu havainta ja mittaus voidaan, muiden tulossuureiden kuin kennon syötön mineraalipitoisuuden pysyessä muuttumattomina, periaatteessa kalibroida osoittamaan myös mineraalipitoisuutta.

Havaittavan vaahtokaistan homogeeninen valaisu voi vaatia heijastavien pintojen ja ulkopuolista valoa eliminovien varjostimien konstruointia käyttötarkoituksen ja käyttöpaikan olosuhteiden mukaisesti, mutta muutoin voi mainitunlaisia määrittäviä suorittava laitejärjestelmä koostua pääosaltaan yhdistelmänä kaupallisesti saatavissa olevista laitteista. Näitä ovat tarkoituksenmukaisen emissiospektrin omaavat lamput, optiset suodattimet, mustavalkoisia ja värikuvia aseteltavin tai kiintein väliajoin ottavat, tavanomaisella linssioptiikalla varustetut puolijohde-rikamerat, tietokoneet, lähinnä mikrotietokoneet, edellisten väliset tiedonsiirtolaitteet ja laitteet mittaus- ja analysointitulosten tulostamiseksi.

Kuvatun menetelmän toteuttava laitteisto voi olla esim. U.S.-patentin No 4.831.641 mukainen, valosähköisellä rivi-ilmaisimella (engl. linear photodiode array detector) varustettu laitejärjestelmä. Tavanomaisen, sfäärisen optiikan avulla muodostetaan tällöin halutun vaahtokaistan ja sen lähialueen pienennetty kuva siten, että kaista kuvautuu ilmaisimen alueen sisäpuolelle, so. valitaan sopivan polttovälin omaava optiikka ja tämän etäisyys vaahdosta siten, että kuvautuminen toteutuu mainitulla tavalla. Ilmaisimen dimensioista määräytyy samalla havaittavan vaahtokaistan leveys ja sen elementtien lukumäärästä havainnan resoluutio kaistan suunnassa. Ilmaisimen lukutiheys (scanning rate) valitaan tämän jälkeen sopivasti siten, että vaahdon liikkuessa keskimääräisellä nopeudellaan kukin pinnan alkio tulee luetuksi likimäärin yhden kerran. Yhden puolijohde-elementtirivin käsittävien ilmaisimien ohella on saatavissa myös useammasta, rinnakkain sijoitetusta yksirivi-ilmaisimesta koostuvia, integroituvia ilmaisimia, joissa rinnakkaisten elementtien signaalit lasketaan yhteen ja jotka antavat vain yhden, sarjamuotoisen lähtösignaalin; aikaisemmin mainitun rivi-ilmaisimen katsotaan edellä ja seuraavassa käsittävän myös nämä ilmaisimet. - Näihin tarkoituksiin on saatavissa teollisuustuotteina rikamerat (line scan cameras), jotka täyttävät riittävästi optiikalle, havainnan resoluutiolle ja ilmaisimen lukutiheydelle asetettavat vaatimukset. Yksivärikameroiden ohella on saatavilla RGB- ja multa värikamerat, joissa optisen

kuvasignaalin värit joko erotetaan suodattimilla tai jaetaan kuvasignaali esim. prismalla komponentteihinsa, jotka sitten ohjautuvat eri puolijohderi-lmaisimiin. Optiseksi signaalialueeksi katsotaan seuraavassa myös infrapuna- ja ultraviolettivaloalueet sinne asti, minne linssioptiikan ja puolijohdeilmaisimien toimintakyky ulottuu.

Optista kuvasignaalia vastaava sähköinen, diskreetti signaali luetaan ilmaisinelementeiltä pulssisarjasarjamuotoisena ja kukin signaalelementti muunnetaan digitaaliluvuksi, joka on verrannollinen signaalelementin amplitudiin ja siten kuvaelementin harmaustasoon. Tiedon lukeminen, käsittely ja siirto tietokoneen keskusyksikköön prosessointia varten tai tallettaminen muistiin tapahtuvat täten käytännöllisesti esim. sillä tavoin kuin edellä mainitussa patentissa on kuvattu. Vaihtoehtoisesti mittaustieto voidaan siirtää myös jatkuvana analogiasignaalina, joka tietokoneen liitäntäyksikössä diskretoidaan ja muunnetaan digitaalseksi dataksi.

Datan siirto tietokoneen keskusyksikköön ja talletus sen muistiin ohjelmoidaan toteuttamaan niitä ennestään tunnettuja menetelmiä, joita on käytetty rivikameran välittämän tiedon analysointiin ja tulkintaan tarkkailtaessa kiinteitä, mekaanisesti siirrettäviä kappaleita, kuten luokiteltaessa siirtohihnan kuljettamia kiviä kalvosteollisuudessa tai etsittäessä ja todettaessa metallilevyjen pintavikoja valssauksen yhteydessä. Datan käsittely ohjelmoidaan toteuttamaan niitä numeerisia menetelmiä, jotka tunnetaan laajan vaahtopinnan analysoinnista matriisikameran välittämän kuvan nojalla, redusoituna käsittelemään yksidimensioista dataa tai käyttäen niitä kaksidimensioisessa asussaan, siten kuin seuraavassa esitetään. Täten vaahtokaistan harmaushistogrammi saadaan järjestämällä mittaustulokset harmauden mukaan ja kaistan tekstuuria kuvaava funktio esim. Fourierin muunnoksella harmauden vaihtelusta, molemmat useiden mittausten ja analyysien keskiarvofunktiolain. Deterministisesti määritettävistä suureista saadaan vastaavasti kuplien leveydet ja leveyden jakautuma.

Kuplien muotojen ja esim. kaksidimensioisten statististen suureiden määrittämistä varten laaditaan, peräkkäiset kaistasignaalit toisiinsa liittämällä, vaahtoon kaksidimensioinen esitys kaistan sijaintikohdalla. Tällainen kuva edustaa stationääritilassa vaahtoa paremmin kuin mikään paljaan silmän tai matriisikameran välittämä, hetkellinen havainto tai näistä johdettu, keskimääräinen kuva. Konstruoitua kaksidimensioista kuvaa voidaan sitten käsitellä niillä menetelmillä, joiden käyttö tunnetaan ennestään matriisikameralla otettujen vaahtokuvien käsittelystä, ja se voidaan esittää monitorilla havaintokaistaa edustavana kuvana vaahtoon ominaisuuksien ja näiden muutosten visuaalista tarkastelua ja toteamista varten. - Jos vaahtoon nopeus on vaihtelujen alainen, se on kuitenkin tällöin määritettävä erikseen. Tämä tapahtuu esim. määrittämällä, ajoittain ja tarpeen mukaan puolijohderi-lmaisimen suurempaa pyyhkäisytaajuutta käyttäen, se aika, jonka jonkin kuplan etu- tai takanurkka vilpuy ilmaisen kuvakentässä.

Kuva 1 esittää tyypillisen, ensisijaisesti vaahtopinnan rakenteen havaintaan tarkoitetun laitteiston. Lietteen (1) yläpuolella olevan vaahtokerroksen (2) pintaa valaistaan valaisimella (3) ja havaitaan rivikameralla (4). Varjostin (5) estää ulkopuolisen valon pääsyn havaittavalle vaahtokaistalle ja kameraan.

Kuva 2 esittää tyypillisen, ensisijaisesti vaahtodon värin havaintaan tarkoitetun laitteiston. Vaahtokerroksen pintaa valaistaan lähellä ylitereunaa pitkänomaisilla valaisimilla (7) ja havaitaan väririvikameralla (8). Varjostin (9) ja valaisimet kannatusrakenteineen estävät ulkopuolisen valon pääsyn havaittavalle vaahtokaistalle ja kameraan. - Valuvaa vaahtolietettä valaistaan ja havaitaan ja ulkopuolisen valon pääsy estetään samantlaisilla, olennaisesti vaakasuunnassa kuvaavilla laitteilla (10,11,12). Leikkauskuva B-B on rajoitettu siten, että kamera (11) ei näy siinä.

Kuva 3 on suurennettu yksityiskohtakuva vaahtodon valaisemisesta kuvan 2 mukaisilla valaisimilla.

Rivikamera havaitsee kapean, ylitereunan (6) suuntaisen vaahtokaistan. Ensisijaisesti vaahtodon rakennetta määritettäessä tätä valaistaan läheltä kameran suuntaa, parhaiten pienikokoisella valaisimella (3). Tällöin eri kuplien erottaminen voidaan perustaa niiden lakialueilta tapahtuviin heijastuksiin. Valaisin heijastimineen, mahdollisine himmentävine pintoineen ja lampunvalintoineen suunnitellaan mahdollisimman tasomaista, havaittavaan vaahtokaistaan tähdättyä valoa antavaksi ja siten valoa ko. tasossa jakavaksi, että se tuottaa homogeenisen valaisun kaistan koko pituudelle. Kapea näkökenttä ja kameran (4) optiikka suojataan ulkopuoliselta valolta levymäisellä varjostimella (5), jonka sisäseinät maalataan minimaalista heijastavuutta silmälläpitäen; vähäisempikin varjostus riittää, jos häiritsevän, ulkopuolisen valon määrä on vähäinen. Kuva 1 esittää edellä kuvattua laitejärjestelyä. Kapeutensa vuoksi laitteisto peittää vain pienen osan vaahtodon pinnasta eikä se siten olennaisesti vähennä prosessinvalvojan mahdollisuuksia tarkkailla vaahtoa visuaalisesti.

Kuvan 1 valaisu- ja kuvausjärjestelyä voidaan käyttää myös vaahtodon värin määrittämiseen, mutta paremmin tähän tehtävään soveltuu vaahtopinnan valaisu matalassa kulmassa tai matalalla kulma-alueella, jotta vältetään suuret erot kuplien erisuuntaisten pintojen vastaanottamassa ja heijastamassa valossa ja siten mm. kuplien hulpuilta tapahtuvat, kirkkaat heijastukset. Kuva 2 esittää tämän mukaista laitteistoa, jossa valaisimet (7) on sijoitettu havaintasolan juureen, sen ulkopuolelle kuvan 3 selventämään tapaan. Ne antavat homogeenisesti jakautunutta valoa pääasiassa heijastimen symmetriatason mukaisessa, pitkänomaiseen valaisimeen nähden kohtisuorassa suunnassa valittuun, parhaiten vaahtodon



yllyjuoksun lähellä sijaitsevaan vaahtokaistaan. Varjostin (9) on kuvan 1 varjostimen kaltainen ja väriivikamera (8) on sijoitettu samalla tavoin kuin kuvan 1 kamera, joten ne tuottavat samat edut kuin edellä mainittiin. Pystysuunnan sijasta laitteisto voidaan suunnata myös kaltevasti, esim. siten, että se on kohtisuorassa ylitereunan ylittävän materiaalin pintaan nähden, tai vaakasuorasti valaisemaan ja havaitsemaan kennon ylitereunalta valuvan vaahtolietteen kapeaa kaistaa (kuvan 2 vaihtoehtoiset komponentit 10,11,12 ovat tällöin samat kuin em. komponentit 7,8,9). Valaisu- ja havaintalaitteiston sijoittamiseen vaikuttaa olennaisesti vaahton kuplien särkyminen ylitereunan luona ja sen jälkeen, virtauksen kiihtyessä ja hydrodynaamisten rasitusten kasvaessa nopeasti. Vaahton eri kerroksista peräisin olevien kuplien särkyessä liete myös sekoittuu, joten havaittavan näytteen edustavuus vaahtolietteen värin ja siten rikasteen pitoisuuden ilmaisijana paranee, erityisesti ylitereunan ylityksen jälkeen. Valvonnan kohdistuessa ensisijaisesti väriin jää rakenteen kuvaaminen toisarvoiseksi, minkä vuoksi, ja esim. haluttaessa samalla pienentää laitteiston kennon ulkopuolelta vaatiman tilan tarvetta, kamera ja varjostin voidaan suunnata kaltevasti kohteeseen, erityisesti valuvan vaahtolietteen pintaan nähden, valaisun suuntauksen pysyessä pintaan nähden ennallaan. Tämä kameran ja varjostimen suuntausvaihtoehto edellä mainitun varjostimen (12) ja kameran (11) suuntaukseen nähden ilmenee kuvan 3 esittämän, vaihtoehtoisen varjostimen (13) juuriosan suuntauksesta. - Ylitereunalta valuvan vaahtotustuotteen optisen kuvan muodostamiseksi ja tosiaikaiseksi analysoimiseksi ei tiettävästi ole aikaisemmin esitetty mitään menetelmää eikä laitejärjestelyä.

Ensisijaisesti vaahton rakennetta koskevassa sovellutuksessa kuvattu järjestelmä sijaitsee ylitereuna-alueen edellä havaiten deformaatioamatonta vaahtopintaa sen rakenteen määrittämiseksi valitussa kaistassa. Sen antama tieto edustaa yksikäsitteisesti mainittua rakennetta, koska kennon toimiessa tasaisesti kaistan kaikkien suureiden keskiarvot ovat muuttumattomat, vaikka hetkelliset arvot vaihtelevatkin satunnaisesti. Tätä vastoin ennestään tunnettujen, matriisikameraa (tyypillisesti esim. 512 sensorielem.x 512 sensorielem.) käyttävien järjestelmien antama tieto ei ole samalla tavoin edustavaa, sillä se ei ota huomioon kuvaamansa laajan, kaksidimensioisen vaahtopinnan epähomogeenisuutta. Lisäksi kapea kaista on, erityisesti vaahton väriä määritettäessä, helposti valaistavissa homogeenisesti, toisin kuin laaja pinta. Edelleen rivikamera on matriisikameraa halvempi ja sen tuottaman datan käsittelyn ohjelmointi yksinkertaisempi kuin matriisikameran tapauksessa. Uusi menetelmä ei myöskään olennaisesti rajoita vaahton pinnan visuaalista tarkkailua.

Toisessa, vaahton väriä koskevassa sovellutuksessa kuvattu järjestelmä mittaa värisuuretta, joka tulkittuna konsentraatiosuureeksi on suhteessa kiintoaineen mineraalipitoisuuteen. Tällöin käytetään väriivil-ilmalmsimla ja -kameraa, joiden käytölle on ominaista, että saatavat värisignaalit perustuvat kulloinkin valittuun, kapeaan vaahtokaistaan. Värien määrittä-

suoritetaan värisignaalkomponenttien amplitudien nojalla. Valaisun homogeenisuuden, vaahtotai lieteepinnan visuaalisen tarkkailtavuuden, laitteiston taloudellisuuden ja ohjelmoinnin helppouden osalta uusi värihavalntajärjestelmä on edullisempi kuin vastaava, matrilisikameraa käyttävä järjestelmä, jonka käyttöä vaahtolietteen havaintaan kennon etuseinällä ei edes tunneta ennestään. - Valittua, yksittäistä värisignaalkomponenttia voidaan lisäksi käyttää, musta/harmaa/valkea-signaalin tapaan, vaahdon rakenteen määrittämiseen.

On periaatteessa mahdollista ohjelmoida myös matrilisikameralaitteisto lukemaan toistuvasti samaa yksittäistä, ylitereunan suuntaista elementtiriviä, jolloin saadaan mittaustietoa kapeasta vaahtokaistasta samaan tapaan kuin rivikamerajärjestelmää käytettäessä. Tällaista matrilisikameran käyttöä vaahdotusvaahdon havaintaan ja analysointiin ei kuitenkaan ole raportoitu eikä ilmeisesti sovellettu. Toisaalta ko. käyttötapa olisi sekä taloudellisesti että teknisesti epäedullisempi kuin kuvatus, uuden menetelmän käyttö. Matrilisikamera on kallimpi kuin rivikamera ja sen yksittäisen rivin lukeminen ja tulkitseminen on vaativampi ohjelmointitehtävä kuin rivikameran antaman tiedon suoraviivainen käsittely. Se antaa yksittäistä riviä koskevat tiedot huomattavasti pitemmin välilajoin kuin rivikamera, mikä olennaisesti viivyttää välttämättömien keskiarvosuureiden laskentaa. Matrilisikameran havaitseman kentän valaisussa ei myöskään saavuteta ainakaan yksinkertaisin keinoin samanaikaisesti yhtä hyvää suojausta ulkoisia valonlähteitä vastaan ja yhtä tasaista primäärivalaisua kuin rivikameraa käytettäessä saavutetaan, eikä siten yhtä hyvää kuvan laatua. Homogeeninen valaisutulos ja samalla hyvä visuaalinen tarkkailtavuus saavutettaisiin yleensä vain käyttämällä samanlaista, uuden keksinnön mukaista valaisua ja varjostusta kuin tämän selityksen ja kuvan 1 yhteydessä on kuvattu, mutta olisi teknisesti epäohjonmukaista käyttää mitään etua saavuttamatta kapean kaistan havaintaan kalliimpaa, hitaampaa ja teknisesti monimutkaisempaa matrilisilmaisinta yksinkertaisemman ja helppokäyttöisemmän rivikamerajärjestelmän sijasta.

Kuvatulla uudella menetelmällä määritetyt, vaahdon fysikaalisia ominaisuuksia vastaavien suureiden arvot ja niistä laskennollisesti johdettujen suureiden arvot tulostetaan numerollisesti ja graafisesti monitoreilla ja rivi-, laser- ym. kirjoittimilla prosessin valvojalle tiedoksi ja prosessin ohjauksessa käytettäväksi. Ne voidaan tulostaa myös digitaali- ja analogiamuotoisina vaahdotusprosessin sisäänmenoja ohjaaviin säätäjiin ja toimilaitteisiin prosessin automaattista ohjaamista ja säätämistä varten. Toimilaite ja prosessin tulosuure, joita tällä tavoin tulostetut suureet ohjaavat, määräytyvät säädettävän prosessin ominaisuuksista ja valitaan siten, että mittaustietoa tai sen muutosta vastaava, korjaava vaikutus saadaan aikaan, ja erityisesti takaisinkytketyn säädön tapauksessa mitattu poikkeama asetusarvosta eliminoiduksi. Vaahdotuspiiri tai -kenno on jo prosessitekniikstäkin sylistä varustettu tällaisilla, ainakin manuaalisilla toimilaitteilla ja vastaavilla laitteita automaattista säätöä varten on saatavissa.

Mainittu asetusarvo on puolestaan se mitatun suureen arvo, joka tällä suureella halutaan mittauspalkassa olevan nimelliskäyttöolosuhteissa. Se voi olla vakio, mutta sitä voidaan myös asettaa manuaalisesti tai automaattisesti riippuen käyttöolosuhteista, kuten prosessoitavan malmin arvomineraalipitoisuudesta. Uutta piirrettä vaahdotuskennon automaattisessa säädössä merkitsee uusi, paikallisesti kiinteän vaahtokalstan havaintaan perustuva säädön mittaussuure, joka kuvaa prosessia yksikäsittelyemmän kuin aikaisemmat menetelmät ja laitejärjestelmät ja joka tästä syystä tuottaa, prosessin sisäänmenoja ohjaaviin elimiin tulostettuna, niiltä paremman säätötuloksen.

Keksintöä edellä kuvattaessa on sovellutuskohteena ollut tavanomainen vaahdotuskkenno, jonka ylitteuna on suora tai ylitteunat suorat. Teollisuudessa esiintyy myös tästä poikkeavia vaahdotuskkennoja ja esim. vaahdon kaapioilla varustettuja kennoja, mutta uusi menetelmä on johdonmukaiset muutokset tehden sovellettavissa myös niihin. Samalla tavoin uuden menetelmän katsotaan kattavan sen sovellutukset muihin, rakenteeltaan yksityiskohdissa poikkeaviin vaahdotuslaitteisiin, joihin sen soveltaminen on edellä esitetyn nojalla alan tuntevalle ammattilaiselle ilmeistä. - Keksinnön mukaisen laitteiston taloudellisuus ja tekninen yksinkertaisuus tekevät sen käytön, odotettavissa olevan rikasteen laadun paranemisen huomioon ottaen, edulliseksi laajemman vaahdotusjärjestelmän ja koko vaahdottamon monissa, jopa kaikissa kennoissa. Teknistaloudellisen lisäedun tuottaa tällöin kuvattiedon käsittelyn keskittäminen siten, että usean kameran välittämät signaalit käsitellään yhteisessä tietokoneessa tai yhteisissä tietokoneissa ja määritetyn datan tulostus keskitetään tarpeen mukaan yhteisiin esityslaitteisiin ja laajempaa vaahdotusjärjestelmää ohjaaviin laitteisiin.



## PATENTTIVAATIMUKSET

1. Menetelmä vaahdottuneen aineen pinnan valvomiseksi ja analysoimiseksi, jolloin mainitusta pinnasta muodostetaan jatkuvasti optinen kuva, joka toistuvasti muunnetaan optosähköisesti sähköisiksi signaaleiksi, jotka luetaan, siirretään ja käsitellään digitaalisesti mainitun aineen ja pinnan fysikaalisia ja statistisia ominaisuuksia vastaavien suureiden määrittämiseksi ja tulostamiseksi, **t u n n e t t u s i i t ä**, että mainittu kuva optosähköisesti muunnettaessa rajataan kapeaksi suorakaiteeksi ja jaetaan riviksi kuvaelementtejä, että ilmaistujen, sähköisten signaalien elementit vastaavat yksittäin mainittuja kuvaelementtejä ja että mainittua, kapeaksi suorakaiteeksi rajattua kuvaa optisesti vastaava, samanmuotoinen alue mainitulla pinnalla on homogeenisesti valaistu ja vaahdotuskennon ylitereunan suuntainen,

2. Laitteisto vaatimuksen 1 mukaisen menetelmän toteuttamiseksi, käsittäen yhdistelmänä

- vähintään yhden valonlähteen ja optiset komponentit (3) vaahdottuneen aineen pinnan valaisemiseksi sekä varjostimen (5) ulkopuolisen valon pääsyn estämiseksi,
- kameran (4) optisen kuvan jatkuvaksi muodostamiseksi mainitusta pinnasta ja tätä kuvaa vastaavien, sähköisten signaalien toistuvaksi tuottamiseksi lähtösuureenaan ja
- digitaalisen tietokoneen mainittujen signaalien vastaanottamiseksi ja käsittelemiseksi ja vaahdottuneen aineen fysikaalisia ja statistisia ominaisuuksia vastaavien suureiden määrittämiseksi, liitäntöineen mainittujen suureiden arvojen tulostamiseksi keskusvalvonta- ja prosessinohjauslaitteisiin.

**t u n n e t t u s i i t ä**, että mainittu kamera on puolijohderivi-ilmaisimen käsittävä puolijohderivikamera, joka tuottaa mainitut sähköiset signaalit vaahdottuneen aineen pinnan kapean, ylitereunan (6) suuntaisen kaistan kuvan nojalla, ja että mainitut vähintään yksi valonlähde, optiset komponentit ja varjostin tuottavat homogeenisen valaisun läheltä kameran suuntaa mainitulle kaistalle.

3. Menetelmä vaahdotusvaahdon pinnan valvomiseksi ja analysoimiseksi, jolloin mainitusta pinnasta muodostetaan jatkuvasti optinen kuva, joka toistuvasti muunnetaan optosähköisesti sähköisten signaalien joukoiksi, jotka luetaan, siirretään ja käsitellään digitaalisesti mainitun vaahdotusvaahdon ja pinnan väriä ja muita fysikaalisia ja statistisia ominaisuuksia vastaavien suureiden määrittämiseksi ja tulostamiseksi, **t u n n e t t u s i i t ä**, että mainittu kuva optosähköisesti ilmaistaessa rajataan kapeaksi suorakaiteeksi ja jaetaan eri värikomponentteja edustaviksi joukoiksi riveittäin järjestettyjä kuvaelementtejä, jolloin mainittujen rivien lukumäärä

on enintään sama kuin eri värikomponenttien lukumäärä, että ilmaistut sähköisten signaalijoukkojen elementit vastaavat yksittäin mainittuja kuvaelementtejä ja ilmaistut sähköiset signaalijoukot mainittuja, eri värikomponentteja edustavia joukkoja kuvaelementtejä ja että mainittua, kapeaksi suorakaiteeksi rajattua kuvaa optisesti vastaava, samanmuotoinen alue mainitulla pinnalla on homogeenisesti valaistu ja vaahdotuskennon ylitereunan suuntainen.

4. Menetelmä vaahdotuskennon ylitereunalta valuvan vaahtolletteen pinnan valvomiseksi ja analysoimiseksi, jolloin mainitusta pinnasta muodostetaan jatkuvasti optinen kuva, joka toistuvasti muunnetaan optosähköisesti sähköisten signaalien joukoiksi, jotka luetaan, siirretään ja käsitellään digitaalisesti mainitun vaahtolletteen ja pinnan väriä ja muita fysikaalisia ja statistisia ominaisuuksia vastaavien suureiden määrittämiseksi ja tulostamiseksi, t u n n e t t u s i i t ä , että mainittu kuva optosähköisesti ilmaistaessa rajataan kapeaksi suorakaiteeksi ja jaetaan eri värikomponentteja edustaviksi joukoiksi riveittäin järjestettyjä kuvaelementtejä, jolloin mainittujen rivien lukumäärä on enintään sama kuin eri värikomponenttien lukumäärä, että ilmaistut sähköisten signaalijoukkojen elementit vastaavat yksittäin mainittuja kuvaelementtejä ja ilmaistut sähköiset signaalijoukot mainittuja, eri värikomponentteja edustavia joukkoja kuvaelementtejä ja että mainittua, kapeaksi suorakaiteeksi rajattua kuvaa optisesti vastaava, samanmuotoinen alue mainitulla pinnalla on homogeenisesti valaistu ja vaahdotuskennon ylitereunan suuntainen.

5. Laitteisto vaatimuksen 3 tai 4 mukaisen menetelmän toteuttamiseksi, käsittäen yhdistelmänä

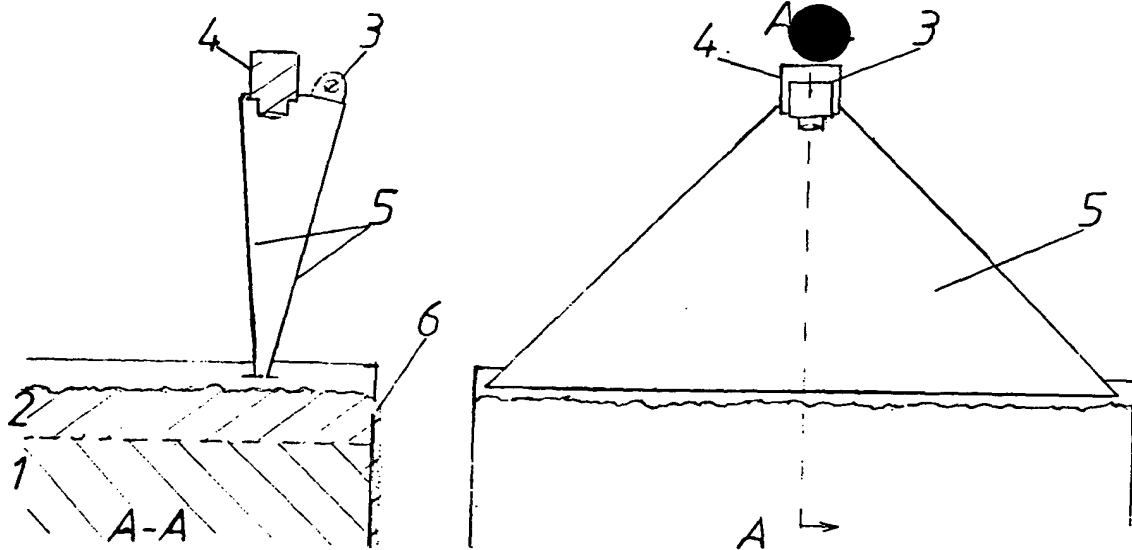
- vähintään yhden valonlähteen ja optiset komponentit (7,10) vaahdottuneen aineen pinnan valaisemiseksi sekä varjostimen (9,12) ulkopuolisen valon pääsyn estämiseksi,
- kameran (8,11) optisen kuvan jatkuvaksi muodostamiseksi mainitusta pinnasta ja tätä kuvaa vastaavien, sähköisten signaalien toistuvaksi tuottamiseksi lähtösuureenaan,
- digitaalisen tietokoneen mainittujen signaalien vastaanottamiseksi ja käsittelemiseksi ja vaahdottuneen aineen väriä ja muita fysikaalisia ja statistisia ominaisuuksia vastaavien suureiden määrittämiseksi, liitännöineen mainittujen suureiden arvojen tulostamiseksi keskusvalvonta- ja prosessinohjauslaitteisiin,

t u n n e t t u s i i t ä , että mainittu kamera on optosähköisillä puoli johdettuihin ilmaisimilla varustettu värivideokamera, joka tuottaa mainitut, sähköiset signaalit vaahdottuneen aineen pinnan kapean, ylitereunan suuntaisen kaistan kuvan nojalla ja että mainitut vähintään yksi valonlähde, optiset komponentit ja varjostin tuottavat mainitulle kaistalle homogeenisen valaisun, joka kohtaa mainitun kaistan matalassa kulmassa.

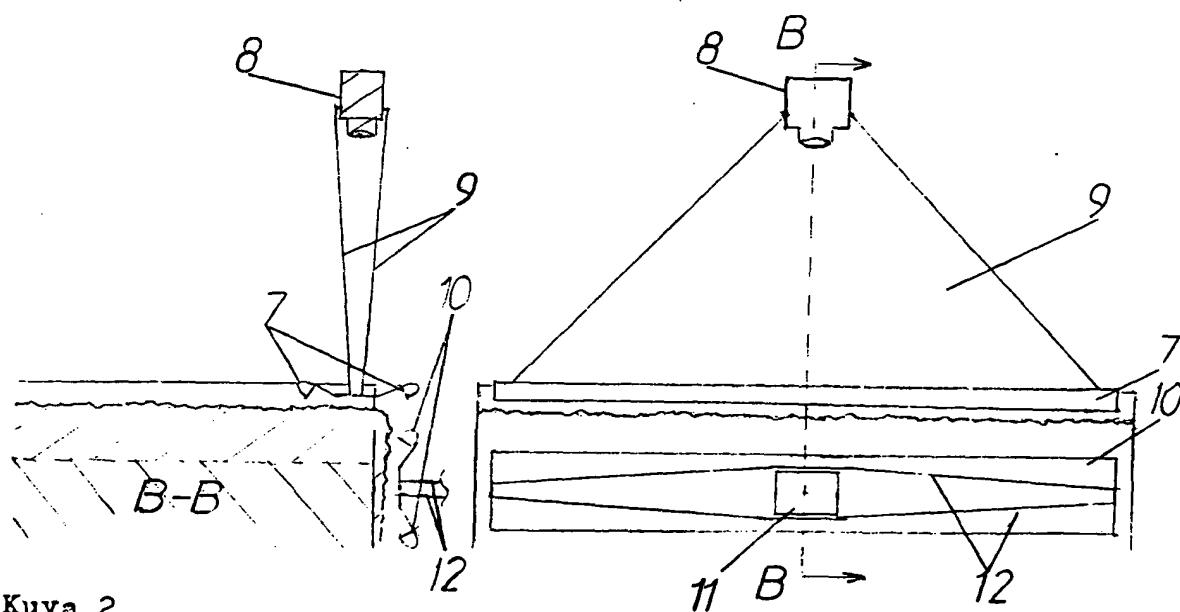
43  
23

TIIVISTELMÄ

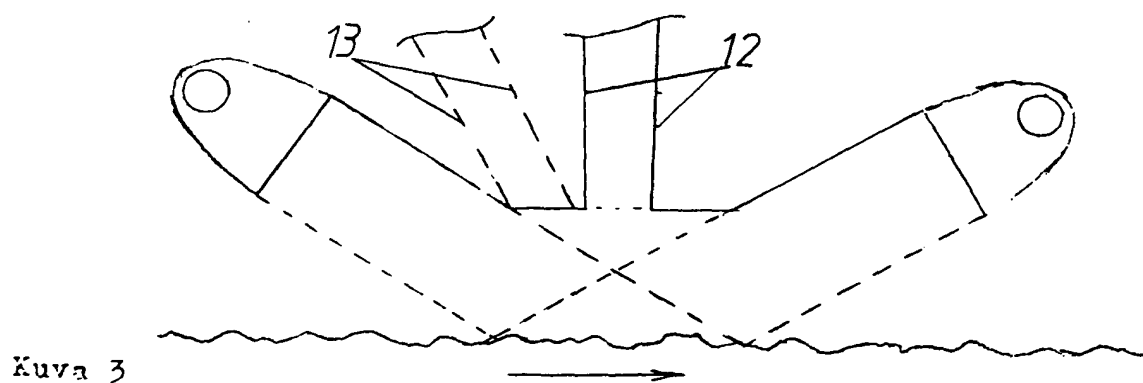
Erotettaessa vaahdottamalla eri mineraaleja malmeista on tunnettua valvoa vaahdotuskennossa ylimpänä olevan vaahtokerroksen pinnan laajahkoa osaa videokameralla, jonka signaalit analysoidaan tietokoneessa vaahdon rakenteen ja värin selvillesaamiseksi. Uusi menetelmä ja laitteisto rajoittavat valvonnan ja analysoinnin kohdistuviksi vaahdottuneen aineen pintaan klinteässä, kapeassa, kennon ylitereunan suuntaisessa kalstassa, jossa sen kautta kulkeva ainepinta on jatkuvuustilassa homogeeninen ja joka siten esittää jatkuvuustilaa keskimäärin edustavan, uuslутuvan näytteen pinnasta ko. paikassa. Tähän kalstaan suunnataan homogeeninen valaisu, joka voi kohdata kalstan eri kulmissa sen mukaan, määritetäänkö ensisijaisesti kohteen väriä vai rakennetta. Kalstan kuva muodostetaan ja muunnetaan toistuvasti lukevalla puolijohderivikameralla sähköisiksi yksi- tai monivärisignaaleiksi, joista aineen rakenne- ja värisuureet määritetään tietokoneessa. Valvonta ja analysointi ovat kohdistettavissa sekä vaahtokerroksen pintaan että kennon ylitereunalta valuvan vaahtolietteen pintaan.



Kuva 1



Kuva 2



Kuva 3

1

2

3

4

5

6

7

8

9